

УДК 621.311

В. Б. Битиев, А. В. Техов, А. К. Сохиев, Р. В. Ключев

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ),
г. Владикавказ, kluev-roman@rambler.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

В работе рассматривается комплексное исследование высших гармоник тока и напряжения. Рассчитаны межфазные напряжения, значения токов в фазах и суммарное значение мощностей.

Ключевые слова: системы электроснабжения; высшие гармоники; мощность; напряжение.

V. B. Bitiev, A. V. Tekhov, A. K. Sokhiev, R. V. Klyuev

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

STUDY OF HIGHER HARMONIC COMPONENTS OF CURRENT AND VOLTAGE IN THE ELECTRIC POWER SUPPLY SYSTEM OF THE ENTERPRISE OF COLOR METALLURGY

The paper deals with a comprehensive study of the higher harmonics of current and voltage. Interphase voltages, currents in phases and total power values are calculated.

Keywords: power supply systems; harmonics; power; voltage.

В процессе преобразования, распределения и потребления электроэнергии на крупных промышленных предприятиях имеют

место искажения формы синусоидальных токов и напряжений. Так, на ОАО «Электроцинк» – одном из ведущих предприятий РФ по производству цветных металлов, входящем в состав Уральской горно-металлургической компании (УГМК), одними из источников высших гармоник (ВГ) токов и напряжений являются индукционные печи (ИЦ), предназначенные для плавки катодного цинка.

Для ОАО «Электроцинк» с большим удельным весом нелинейных нагрузок (около 70 %) исследование качества электроэнергии и влияния ВГ на надежность работы электрооборудования является важной и актуальной проблемой [1, 2].

Комплексное исследование ВГ тока и напряжения, возникающих в процессе работы ИЦ, осуществлялось в трехфазной трехпроводной системе с использованием прибора комплексного контроля ПКК-57.

Измерения на приборе проводились в режиме анализатора (ANA-LYZER). В этом режиме прибор позволяет осуществить следующие функции:

а) показ (в виде численных значений или формы) в реальном времени электрических параметров питающего напряжения в однофазных и трехфазных системах электроснабжения (СЭС) (с зануляющим проводником и без него) и анализ гармонических составляющих напряжения и тока;

б) непосредственное (прямое) измерение энергии (без сохранения);

в) сохранение – запись во внутреннюю память прибора измеренных текущих значений параметров в виде «*Str*» графики;

г) одновременная регистрация среднеквадратичных (*RMS*) значений напряжения и тока; их соответствующих гармоник ($k_{(U)n}$, $k_{(I)n}$, где n – номер гармоники); значений мощности: активной (P), реактивной: индуктивной (Q_L), емкостной (Q_C), полной (S); $\cos \varphi$ по индуктивной ($\cos \varphi_L$), емкостной ($\cos \varphi_C$) нагрузкам; расхода энергии: активной (W_a , Вт·ч), реактивной, ($W_{p(L)}$, $W_{p(C)}$, ВАр·ч), полной (W , ВА·ч), аномалий напряжения (регистрация импульсов перенапряжения, провалов напряжения, отклонения частоты,

кратковременного перенапряжения и др.) с разрешением по времени от 10 мс.

Исследование ВГ тока и напряжения на ИЦ проводилось при включении и отключении батарей статических конденсаторов (БСК) типа 18 КПС-0,66-40У3, емкостью 292 мкФ.

Обобщенные данные частотно-амплитудного спектра ВГ приведены в таблице.

Обобщенные данные частотно-амплитудного спектра межфазных напряжений и фазных токов при отключенных и включенных БСК

Номер гармоники, n	БСК отключены				БСК включены			
	U_{12}		U_{23}		U_{12}		U_{23}	
	В	%	В	%	В	%	В	%
1	473,2	100	475,79	100	495,6	100	493,47	100
3	3,36	0,71	4,758	1	4,75	0,96	6,96	1,41
5	5,631	1,19	5,329	1,12	40,35	8,14	30,17	6,11
7	3,454	0,73	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—
11	10,27	2,17	11,51	2,42	—	—	3,07	0,62
13	11,4	2,41	9,706	2,04	—	—	—	—
15	2,508	0,53	0	0	—	—	—	—
17	4,637	0,98	6,423	1,35	—	—	—	—
19	3,454	0,73	3,759	0,79	—	—	—	—
Номер гармоники, n	I_1		I_2		I_3			
	А	%	А	%	А	%		
1	801,23	100	884,81	100	842,98	100		
3	7,73	0,96	11,31	1,28	8,11	0,96		
5	141,04	17,6	167,48	18,93	30,55	3,62		
7	20,01	2,5	15,76	1,78	14,88	1,77		
9	4,63	0,58	5,39	0,61	—	—		
11	27,76	3,46	29,84	3,37	33,83	4,01		
13	26,13	3,26	23,5	2,66	23,57	2,8		
15	4,15	0,52	—	—	—	—		
17	—	—	10,08	1,14	7,44	0,88		
19	0,48	0,81	6,43	0,73	7,03	0,83		

В соответствии с данными таблицы нормально допустимые значения коэффициента n -ой гармонической составляющей

напряжения ($k_{U(n)(\text{норм})}$) [4] существенно превышены при включенных БСК на 5-ой гармонике. Достаточно высокие значения ($k_{U(n)(\text{норм})}$) наблюдаются на 11-ой и 13-ой гармониках ($2,04 \div 2,42$) %.

Снижение уровня ВГ в СЭС может быть обеспечено за счет оптимизации схемных решений СЭС (переключением БСК на другую систему шин) и внедрения технических средств, в частности узкополосных резонансных фильтров и фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ) [3, 5].

Список использованных источников

1. Жежеленко И. В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. М. : Энергоатомиздат, 1986. 168 с.
2. Ключев Р. В., Гаврина О. А. Задачи построения единой промышленно-энергетической системы // Наука, образование, общество: актуальные вопросы и перспективы развития : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 4 частях, г. Москва, 30 сентября 2015 г. Люберцы : ООО «АР-Консалт», 2015. Ч. I. С. 68–69.
3. Ключев Р. В. Анализ качества электроэнергии на предприятиях по производству свинца и цинка // Актуальные вопросы современной техники и технологии : сборник трудов 10-й юбилейной международной конференции, г. Липецк, 25 января 2013 г. Липецк : ООО «Гравис», 2013. С. 87–90.
4. Чумбуридзе Д. С., Гаврина О. А., Маскуров И. В., Тотоев В. Т. Особенности возникновения высших гармоник в электрических сетях // Повышение эффективности процессов производства, распределения и потребления электроэнергии для устойчивого развития мировой энергетики : сборник материалов Международного семинара, проводимого в рамках подготовки IX Международной научно-практической конференции «Горные территории: приоритетные направления развития» / под общ. ред. Р. В. Ключева, Владикавказ, 25 мая 2018 г. Владикавказ : ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)», 2018. С. 195–199.
5. Ключев Р. В., Котова О. А., Гаврина О. А. Результаты эффективного управления единой промышленно-энергетической системой в горных территориях / Кибернетика энергетических систем : сборник материалов XXXVII сессии семинара по тематике «Электроснабжение», г. Новочеркасск, 13–16 октября 2015 г. Новочеркасск : Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, 2016. С. 9–12.